

# КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА МИКРОСТРУКТУРЫ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВА АК12

*Окладникова Н.В. \*, Первышина Е.П., Дроздова Т.Н., Пономарева С.В.*

*Руководитель доцент Орелкина Т.А*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,

\* ООО «Литейно-механический завод «СКАД», г. Дивногорск

dtn3101@bk.ru

Автомобильные колеса относятся к группе товаров, подлежащих обязательной сертификации. Качество автомобильных колес должно соответствовать требованиям, изложенным в следующих документах: технический регламент о безопасности колесных транспортных средств, правила ЕЭК ООН N 124 и государственные стандарты [1-4]. Эти документы регламентируют проведение сертификационных, периодических и инспекционных испытаний колес. Однако в нормативных документах нечетко определены требования к структуре.

Важнейшими количественными параметрами микроструктуры модифицированного сплава АК12 являются: размер дендритной ячейки  $\alpha$  (Al) –твердого раствора (d); объемная доля дендритов  $\alpha$  (Al)–твердого раствора; объемная доля эвтектики; размер эвтектических частиц кремния; длина игл железистой  $\beta$ -фазы; микропористость.

Размер первичных кристаллов и дендритных ячеек  $\alpha$  (Al)–твердого раствора определяются в основном скоростью охлаждения при кристаллизации. Величина дендритной ячейки оказывает существенное влияние на механические свойства литейных алюминиевых сплавов различных систем, в том числе и силуминов [5, 6]. Размер дендритной ячейки связан с такими параметрами микроструктуры сплавов как толщина, удельная поверхность включений избыточных фаз, микропористость и другие [5].

В структуре сложного по строению силумина с большим количеством эвтектики за размер дендритной ячейки принимается сечение ветвей дендритов, расположенных под разными углами к их продольным осям. Размер дендритной ячейки зависит от скорости кристаллизации и наиболее существенно влияет на механические свойства силуминов. Поэтому для анализа причин поломок изделий и несоответствий механических свойств, а также для оптимизации технологии производства фасонных отливок необходимо проводить изучение микроструктуры сплава.

В данной работе представлена методика количественной оценки микроструктуры отливок колес из сплава AlSi11, как дополнительного вида контроля качества в условиях производства. Для создания методики были проведены замеры дендритной ячейки. Измерения проводились двумя

методами: методом случайных секущих и с помощью программы анализа цифровых изображений AxioVision.

В алюминиевых сплавах типа «твердых растворов» размер дендритной ячейки оценивают методом стереометрической металлографии, методом секущих [7], применяя произвольные секущие, пересекающие в разных направлениях плоские сечения дендритных ячеек, как показано на рисунок 1, *а*. В результате по большой выборке определяется средний линейный размер дендритной ячейки.

Для автоматизированной количественной оценки размера дендритной ячейки в работе использовали программное обеспечение анализа изображений Axio Vision, Carl Zeiss. С помощью инструмента Interactive Measurement был разработан модуль «Твердый раствор», позволяющий проводить анализ изображения и автоматические расчеты количественных характеристик дендритов  $\alpha(\text{Al})$ -твердого раствора в микроструктуре сплава АК12. При разработке модуля по определению размера дендритной ячейки учитывали минимальное сечение дендритной ячейки (ветвей дендритов), которое является поперечным. Измерение поперечного размера дендритной ячейки осуществляли по цифровым изображениям, как показано на рисунок 1, *б*.

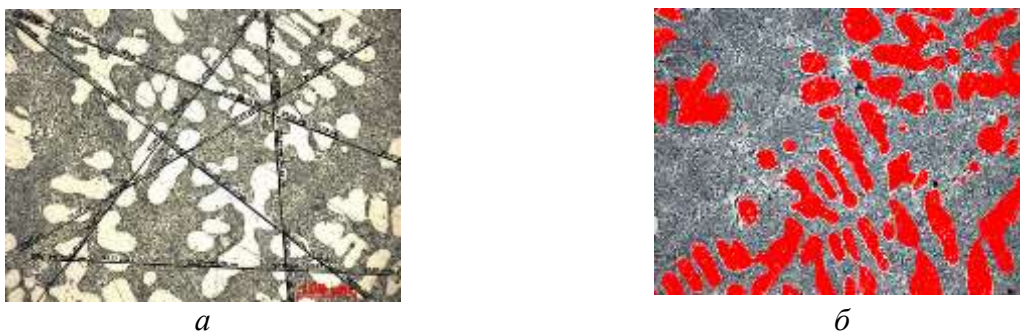
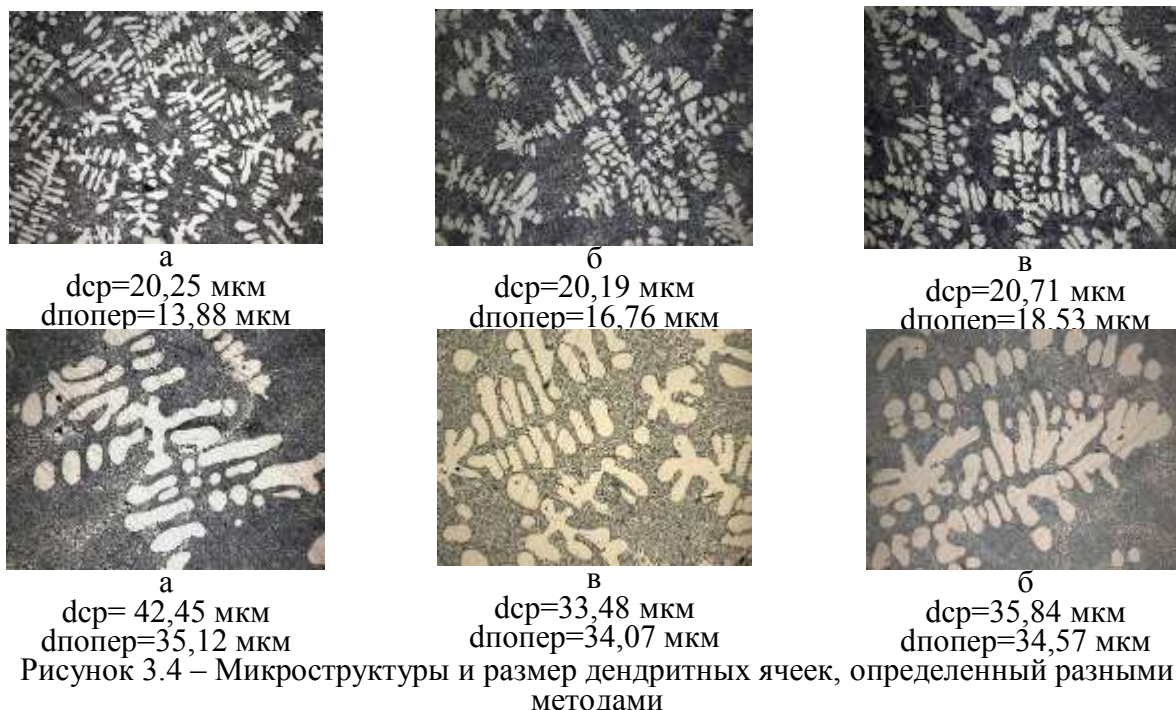


Рисунок 1. Определение размера дендритной ячейки:  
*а* – методом случайных секущих, *б* – по программе Axio Vision

На рисунке 2 представлены микроструктуры и размер дендритных ячеек, определенных методом случайных секущих (dcp) и с помощью программы анализа цифровых изображений AxioVision (dпопер). На снимках видно, что структуры верхнего ряда отличаются размером дендритной ячейки, это подтверждается расчетами в модуле «Твердый раствор». Метод секущих не установил этого отличия, наоборот нижний ряд фотографий одного образца демонстрирует одинаковый размер дендритной ячейки, который зафиксирован при помощи расчетов в программе.

Средний размер ветвей дендритов (дендритной ячейки), измеренный методом секущих, не позволяет количественно оценить незначительные, но видимые на изображениях изменения микроструктуры дисковых колес из сплава АК12. При анализе отдельных зон автомобильных дисковых колес, закристаллизовавшихся с разной скоростью, выяснено, что только

измерение размера поперечного сечения дендритных ячеек (толщины ветвей) является показательным и позволяет регламентировать требования по качеству изделий.



Однако в условиях массового производства использование автоматизированного метода лишь незначительно сокращает длительность стереометрического анализа для определения количественных характеристик структуры. С целью сокращения продолжительности контроля продукции в заводских условиях по микроструктуре была создана металлографическая шкала микроструктур отливок сплава АК12 с использованием результатов выполненных расчетов размера дендритной ячейки в программе «Твердый раствор».

Для этого были вырезаны образцы из различных зон колес, которые отличаются условиями кристаллизации. Подготовленные микрошлифы были обработаны в программе «Твердый раствор» для определения размера дендритных ячеек. Из полученных изображений создан атлас микроструктур. Металлографический атлас включает статистически обработанные микроструктуры анализируемых образцов различных моделей колес из сплава АК12 в виде таблицы, в которой изображения структуры отсортированы по размеру дендритной ячейки. Атлас содержит название модели колеса, размер дендритной ячейки, который выражен в баллах и изображение микроструктуры при увеличении 200 крат.

На основе созданного атласа были разработаны эталонные шкалы. Для эталонов шкал отбирали изображения наиболее типичной микроструктуры с соответствующим размером дендритной ячейки с шагом 5 мкм.

Созданная шкала является средством измерения. Для оценки качества шкалы использовали справочное руководство «Анализ измерительных систем (MSA)», которое было разработано компаниями Форд, Дженерал Моторс и Крайслер для поставщиков автомобильных компонентов и является обязательным приложением к ГОСТ Р 51814.5-2005 [8]. Согласно требованиям MSA измерительная система должна быть стабильна, иметь адекватные сходимост, воспроизводимост, а также смещение и т.д.

Стабильност созданной системы измерений по эталонам шкалы оценивали с помощью построения контрольной карты средних и размахов. Для построения карты в течение месяца проводились измерения одного образца, причем проводились измерения три раза подряд. Для оценки сходимости и воспроизводимости системы использовали метод средних и размахов. Смещение (или систематическую погрешност) измерительной системы определяли как разност между усредненными значениями, определенными контролерами по разработанной шкале и эталонными значениями, определенными по программе.

Таким образом, в результате проведенного анализа измерительной системы показано, что разработанная металлографическая шкала вполне может быть применима для использования при определении размера дендритной ячейки в сплаве АК12 с обязательным условием ее периодической проверки на адекватност.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технический регламент. О безопасности колесных транспортных средств. 2009 г.
2. ПРАВИЛА № 124. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения колес для легковых автомобилей и их прицепов. 2007 г.
3. ГОСТ Р 50511-93. Колеса из легких сплавов для пневматических шин. Общие технические условия.
4. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
5. Золоторевский В. С. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. / В. С. Золоторевский, Н. А. Белов. – М.: МИСиС, 2005. – 376 с.
6. Белов Н.А. Фазовый состав и структура силуминов. / Белов Н.А., Савченко С.В., Хван А.В. – М.: МИСиС. 2008. – 283с.
7. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография. / Салтыков С.А. – М.: Металлургия, 1976. – 272с.
8. ГОСТ Р 51814.5-2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов.